

Uredske radne stolice – istraživanje deformacija i indeksa udobnosti

Office Work Chairs – Research of Deformations and Comfort Index

Izvorni znanstveni rad • Original scientific paper

Prispjelo – received: 30. 3. 2010.

Prihvaćeno – accepted: 14. 7. 2010.

UDK: 630*836.1

SAŽETAK • Konstrukcije sjedala i naslona uredske stolice kao predmeta čovjekove radne okoline važni su u njezinom konačnom rješenju jer su to elementi koji su izravno i usko povezani s ljudskim tijelom. Sjedeći je položaj najčešći radni položaj modernog čovjeka u industrijski razvijenom svijetu. Neovisno o vrsti posla, pravilan i fiziološki ispravan sjedeći položaj smanjuje zamor pri radu i opterećenje kralježnice, a odgovarajući povoljan položaj pri sjedenju uvelike pridonosi povećanju koncentracije i radnog učinka. Sjedeći radni položaj moguće je razmatrati usklađivanjem antropometrijskih veličina s oblikom sjedala i naslona ili, mehaničkim pristupom, utvrđivanjem odnosa između korisnika i kvalitete sjedala, pri čemu velik utjecaj ima indeks udobnosti. Indeks udobnosti stolice kao jedan od pokazatelja udobnosti sjedenja proizlazi iz mehaničkih svojstava promatrane stolice.

U radu su prikazani rezultati tzv. mehaničke udobnosti koju stolica može pružiti korisniku. Rezultati određivanja udobnosti sjedenja na uredskim radnim stolicama prikazani su indeksima udobnosti stolica dobivenih iz elastičnih svojstava materijala sjedala i stolice prema tehničkoj specifikaciji HRS ENV 14443.

Ključne riječi: sjedenje, udobnost sjedenja, indeks udobnosti, uredska radna stolica, oblikovanje i konstrukcije sjedala

ABSTRACT • Construction of the seat and back of the office chair, as an actual object of the human working environment, is important in its final design since these are the elements that are in a direct and close contact with human body. The sitting position is the most frequent working position of the modern man in the developed world. Independently of the type of work, a sound and physiologically correct sitting position diminishes fatigue during work and strain of the spine, and suitable posture during sitting significantly contributes to the increase of concentration and efficiency. Sitting as a working position can be examined through coordination of anthropometric sizes and form of the seat and back, or mechanically, by determining the relation between the user and the seat quality, where the comfort index or support factor has a great influence. The comfort index as one of the factors of sitting comfort is the result of mechanical characteristics of the observed chair.

This paper shows the results of "mechanical comfort" that the chair can offer to the user. The results of determining the seat comfort on office chairs are featured through comfort index obtained from elastic characteristics of materials in the seat, but also of the chair itself according to Technical Specifications HRS ENV 14443.

Keywords: sitting, sitting comfort, comfort index, support factor, office chair, seat design and seat construction

¹ Autori su viši asistent, profesor, asistentica i asistent na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska.

¹ Authors are assistant, professor, assistant and assistant at Faculty of Forestry, University of Zagreb, Zagreb, Croatia.

1 INTRODUCTION

1. UVOD

Problem odnosa čovjeka i namještaja s ergonomskog je stajališta najkritičniji upravo u vezi s pravilnim sjedenjem. Oblikovno rješenje uredske stolice kao predmeta čovjekove radne okoline važno je i zato što su sjedalo i naslon elementi koji su u izravnoj i uskoj vezi s ljudskim tijelom. To su osnovni razlozi zašto se pri dizajniranju namještaja osobita pozornost pridaje problemu sjedenja. Osim antropometrijskih zahtjeva i položaja pri radu, ergonomske usklađenosti uredskog namještaja za sjedenje i korisnika, važni su i ambijentalni čimbenici, koji određuju funkcionalna i namjenska određenja stolice (Lapaine, 1998; Grbac i Ivelić, 2005).

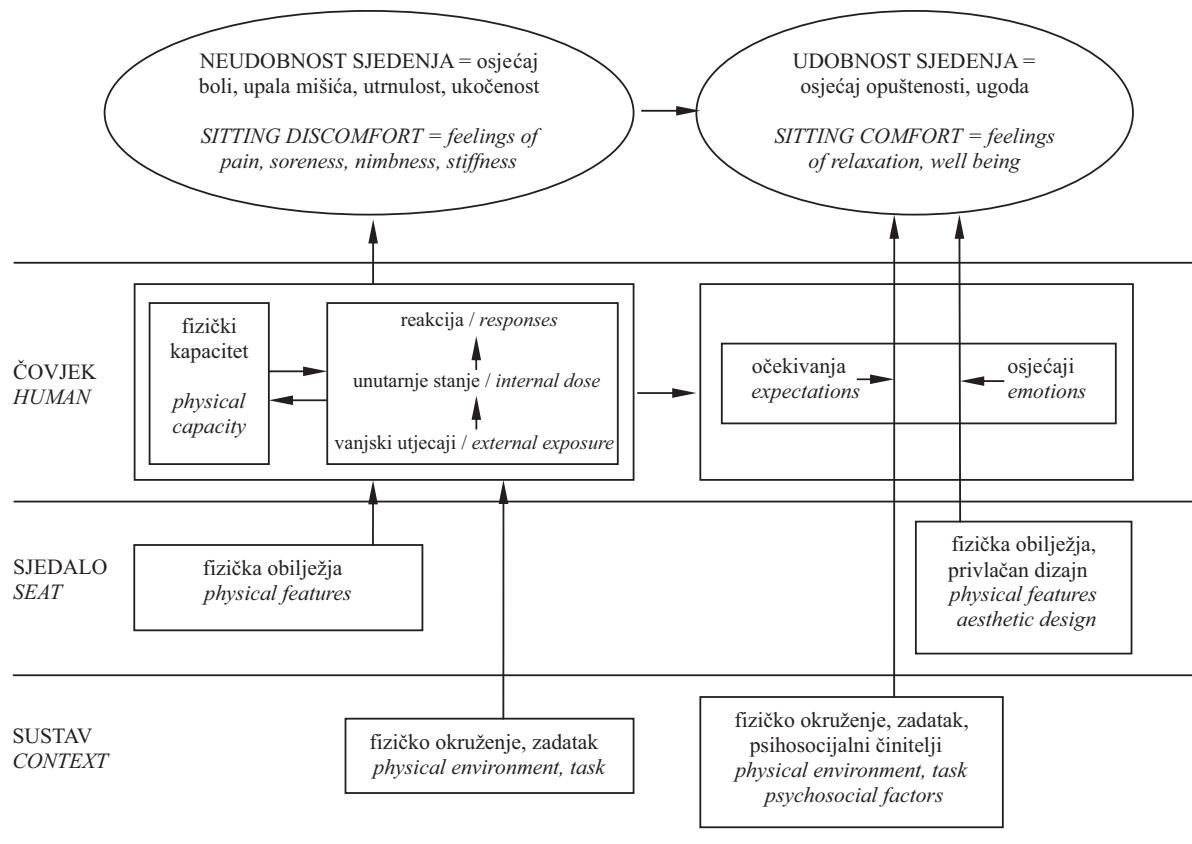
Sjedeći položaj najčešći je radni položaj koji čovjek zauzima i u moderno je vrijeme sve zastupljeniji. Neovisno o vrsti posla, pravilan i fiziološki ispravan sjedeći položaj smanjuje zamor pri radu i opterećenje kralježnice, a odgovarajući povoljan položaj pri sjedenju znatno pridonosi povećanju koncentracije i radnog učinka. Osim toga, sjedeći je položaj izuzetno važan za opuštanje tijela i odmor osim, naravno, potpune pasivne opuštenosti u ležećem položaju (Grbac, 2006; Vlaović i sur., 2006).

Za udobno sjedenje nisu bitna samo i isključivo svojstva sjedala ili naslona, već i drugi činitelji poput dojma, rasterećenosti i opće ugone i opuštenosti organizma, ali i zamora, biomehaničkih uvjeta, naprezanja i cirkulacije. Zbog metabolizma se npr. neprestano izlu-

čuju toplina i vlaga i osjećaj udobnosti ovisi o ravnoteži primanja i otpuštanja topline i vlage na mjestu dodira tijela s podlogom (Hänel i sur., 1997; Horvat, 2008). Kao što je Zacharkow (1988) dokazao, otpor prema izmjenama snažno je povezan s veličinom dodirne površine i dodirnog tlaka (citirano u: Hänel i sur., 1997). Stoga je osjećaj udobnosti povezan s parametrima kao što su tlak, temperatura i relativna vlaga na mjestu dodira tijela s podlogom. "Mehanička udobnost" definirana je kao dio ukupne udobnosti koja ovisi o raspodjeli dodirnog tlaka po ljudskom tijelu u dodiru sa sjedalom. Dodirni tlak, njegova raspodjela i vrijeme djelovanja glavni su čimbenici mehaničke udobnosti.

Prema teorijskome modelu (De Looze i sur., 2003), različiti se čimbenici udobnosti i neudobnosti sjedenja mogu raščlaniti na tri osnovne razine: 1. sustav, 2. sjedalo i 3. čovjek (sl. 1).

Lijeva strana toga teorijskog modela odnosi se na neudobnost, koja se prema Zhangu i sur. (1996), temelji na fizičkim procesima. Slično prethodnim modelima o etiologiji fizičkih pritužbi povezanih s radom, Winkel i Westgaard (1992) te Armstrong i sur. (1993) u glavna pitanja ubrajaju "izloženost", "stanje", "reakciju" i "kapacitet" (citirano u: De Looze i sur., 2003). Prema Armstrongu, "izloženost" se odnosi na vanjske čimbenike koji uzrokuju smetnje "unutarnjeg stanja" pojedinca. Stanje može stvoriti niz mehaničkih, biomehaničkih ili fizioloških reakcija. Veličina kojom vanjski utjecaji vode unutarnjem stanju i reakcijama ovisi o fizičkom kapacitetu osobe. S obzirom na sjedenje, može se reći



Slika 1. Teorijski model udobnosti i neudobnosti i njihovi čimbenici na razini čovjeka, sjedala i sustava (De Looze i sur., 2003)

Figure 1 Theoretical model of comfort and discomfort and its underlying factors at the human, seat and system level (De Looze et al., 2003)

da fizička obilježja uredskog sjedala, poput oblika i mekoće, okruženje, npr. visina stola i zadatak, rad s računalom, različitim silama i tlakovima opterećuju tijelo i zglobove osobe koja sjedi. Ta vanjska opterećenja remete unutarnje stanje u smislu smanjivanja mišićne aktivnosti, promjene unutarnjih sila, većeg tlaka na intervertebralne diskove, uključujući živce i cirkulaciju te povišenje tjelesne temperature, uzrokujući daljnje kemijske, fiziološke i biomehaničke reakcije. Desna strana modela odnosi se na udobnost, tj. osjećaj opuštenosti i ugođe, za što su utjecajni čimbenici također svrstani na razinu čovjeka, sjedala i sustava. Na razini sustava važnu ulogu nemaju samo fizičke osobine, već i psihosocijalni čimbenici kao što su zadovoljstvo na poslu i društvena potpora. Na razini sjedala na osjećaj udobnosti mogu utjecati njegov privlačan dizajn uz fizička obilježja. Na razini čovjeka utjecajni čimbenici podrazumijevaju individualna očekivanja i druge individualne osjećaje ili emocije.

Općenito se može reći da su u tome modelu na jednoj strani živi činitelji - čovjek, sa svim svojim osobinama, a na drugoj strani neživi - stolica i materijali od kojih je napravljena te njihova svojstva. Materijali imaju svoja fizikalna svojstva poput gustoće, tvrdoće, mase i dr. Među polimernim materijalima, u koje ubrajamo spužve, najčešće se spominje gustoća materijala. Gustoća spužve sama po sebi nije važno svojstvo, ali sva ostala svojstva ovise o njezinoj gustoći (elastičnost, trajnost oblika...). Stoga se, kada se govori o gustoći spužve, zapravo misli na druga svojstva. Treba znati da ta svojstva nisu ovisna samo o gustoći, pa nam ona ne može uvijek biti pouzdan kriterij ocjene ostalih svojstava. Povećanjem gustoće povećava se tvrdoća, a smanjuje trajna deformacija. Zbog zaostajanja deformacija za opterećenjem, odnosno većeg utroška rada pri opterećenju nego u uvjetima rasterećenja dolazi do histereze (sl. 2). Histereza je mjera unutarnjeg prigušenja i izražava se odnosom površina pod krivuljama opterećenja i rasterećenja (Ljuljka, 1976; Ljuljka, 1977).

Dijagram elastičnosti pokazuje ovisnost tlačnog naprezanja i deformacije pri opterećenju i rasterećenju. Budući da je riječ o deformabilnome materijalu, krivu-

lja opterećenja i krivulja rasterećenja razlikuju se i iz toga proizlaze i različitosti pojedinog materijala. Svojstva elastičnih spužvastih materijala ispituju se normiranim metodama, a to je učinjeno i u ovome radu.

U radu su istraživane deformacije sjedala i drugih konstrukcijskih dijelova stolice poput pneumatskog cilindra i kotačića te je određen indeks udobnosti stolice kao pokazatelj mehaničke udobnosti korisnika.

2. MATERIJAL I METODE

2 MATERIAL AND METHODS

Dijagrami naprezanja/deformacije, tj. krivulje elastičnosti temelje se na prijedlogu europske norme *HRS ENV 14443:2004 – Kućni namještaj – Sjedenje – Metode ispitivanja za određivanje izdržljivosti ojaštucenja*, koja specificira metode ispitivanja za određivanje izdržljivosti ojaštucenja i sjedala, a jedan se njezin dio odnosi na ispitivanje i određivanje elastičnosti ojaštucenja sjedala uredskih i drugih stolica.

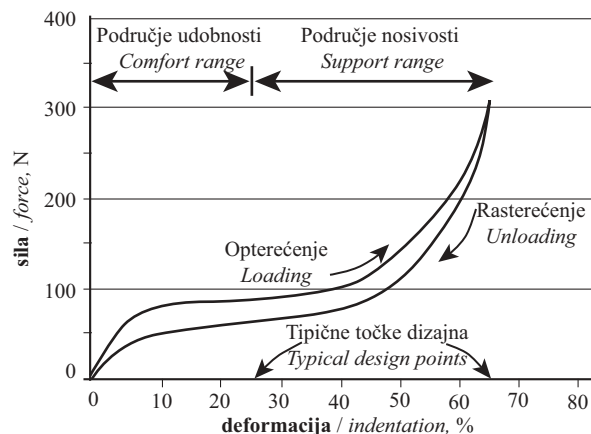
Kružnica na slici 3. predočuje položaj aluminij-skog podloška promjera 300 mm kojim je tlačena površina sjedala pri mjerenju odnosa naprezanje/deformacija. Točka 3 (središte podloška) namještena je iznad osi cilindra, tj. u točku A, kako upućuje norma *HRN EN 1335-1 Uredski namještaj – Uredske radne stolice – 1. dio: Dimenzije, određivanje dimenzija*.

2.1. Uzorci

2.1 Samples

Uzorci uključeni u istraživanje bile su uredske radne stolice s peterokrakim postoljem i kotačićima za tvrde ili meke podloge, pneumatskim cilindrima i kvalitetnim mehanizmima za namještanje položaja i udobnosti te s naslonima za ruke. Sjedala su bila obložena dekorativnim tkaninama od poliestera (100-postotnog).

Za ovo istraživanje najvažnije su razlike bile one u konstrukciji sjedala: spužva, kombinacija spužve i opruga ili mreža. Nasloni za leđa u ovom istraživanju nisu bili važni, ali se može spomenuti da su, osim u jednom slučaju, bili od uokvirene mreže. Uzorci su imali oznake ST2, SA2, OA2, PT1, PA2, MA2 i MM2,



Slika 2. Tipični dijagrami naprezanja/deformacije za elastične spužve (Klempner i Sendijarevic, 2004)

Figure 2 Typical stress-strain curve for a flexible foam (Klempner and Sendijarevic, 2004)



Slika 3. Tlocrtni prikaz položaja podloška i rasporeda točaka za mjerenje debljine ojaštucenja sjedala

Figure 3 Top view of seat loading pad and positions of measuring points for seat upholstery thickness

pri čemu prvo slovo označava konstrukciju sjedala, i to S – poliuretanska rezana spužva, O – džepićaste mikro-opruge s poliuretanskom spužvom, P – poliuretanska hladno lijevana spužva i M – mreža, a ostale se oznake odnose na naziv i broj modela.

Poliuretanske spužve koje su se nalazile u pojedinim modelima sjedala bile su ovih gustoća: 32 kg/m³ (ST2) i 40 kg/m³ (SA2) za rezane PU spužve te 55 kg/m³ (PT1) i 40 kg/m³ (PA2) za hladno lijevane PU spužve. Sjedalo modela OA2 bilo je građeno od opruga promjera 45 mm i visine 40 mm (sa žicom promjera 1,60 mm) te s 15 mm debelim slojem PU hladno lijevane spužve gustoće 40 kg/m³. Mreže napete u okvirnu konstrukciju sjedala bile su proizvođačkih naziva *Pellicle*TM (MA2) i *AirWeave*TM (MM2).

2.2. Metoda istraživanja

2.2 Research method

Elastičnost se dobiva iz omjera sile kojom djelujemo na površinu sjedala stolice i deformacije izazvane djelovanjem te sile (sl. 4.a). Sustav za mjerenje sastoji se od aluminijskog podloška kružnog oblika, promjera 300 mm, i ostalih dimenzija prema HRS ENV 14443, kojim se tlači sjedalo te mjernih uređaja (dinamometra i dubinomjera) kojima se mjere sila i deformacija (sl. 4.b).

Na podložak se djelovalo silom od 0 do 1000 N brzinom 90±5 mm/min uz pomoć utega mase 27 kg i sustava s polugom u omjeru 1:4,75. Uteg i poluga povezani su čeličnim užetom, a sustav je potpomognut pneumatskim cilindrom za jednostavnije rukovanje.

Cijeli je sustav povezan s računalom preko pojačala signala *Spider8* (HBM GmbH, SR Njemačka). Uz pomoć programskog paketa *Catman 4.0* odčitane su vrijednosti sile i pomaka koje su kasnije obrađene programom *MS Excel*. Upravljanje pneumatskim cilindrom i vremenom djelovanja najveće sile obavljeno je ručno. Sam ciklus mjerenja elastičnosti stolica određen je i opisan u spomenutoj normi. Nakon obrade podataka kao rezultat su dobivene krivulje elastičnosti i progiba pri opterećenju.

Točke 1-5 na slici 3. mjesta su na kojima je izmjerena debljina ispune sjedala. Debljina je mjerena uz pomoć igle i digitalnog dubinomjera. Igla je zabodena u mjernoj točki do podloge sjedala, a zatim je debljina određena kao razlika između duljine igle i izmjerene visine igle do površine sjedala. Rezultati su prikazani u tablici 1.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

3 RESULTS AND DISCUSSION

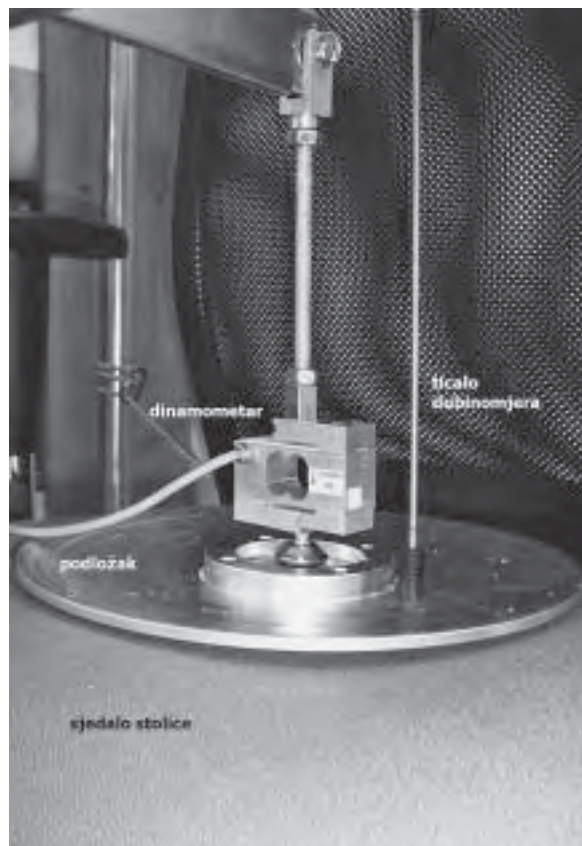
3.1. Elastičnost i deformacije stolica

3.1 Elasticity and deformations of chairs

Prikazani su dijagrami rezultati mjerenja i istraživanja elastičnih obilježja stolica (Vlaović, 2005). Za odabrane modele stolice prikazana su po dva dijagrama: prvi (lijevi) prikazuje odnos opterećenja, odnosno rasterećenja sjedala/stolice i deformacije koja se pojavljuje kao posljedica djelovanja sile, a drugi (desni) dijagram prikazuje ovisnost deformacije pri opterećenju stolice o sili koja na nju djeluje.



a)



b)

Slika 4. Položaj ispitivanog uzorka, podloška, dinamometra i induktivnog dubinomjera
Figure 4 Position of the chair, seat loading pad with load-cell and inductive depth meter

Tablica 1. Debljina ojašćenja sjedala, najveća deformacija i udio s obzirom na debljinu sjedala

Table 1 Seat thickness, maximum deformation and deformation ratio to seat thickness

Model stolice <i>Chair model</i>	Debljina sjedala \bar{x}_{2-3-4} <i>Seat thickness, mm</i>	Najveća deformacija sjedala pri 1000 N <i>Maximum seat deformation at 1000 N, mm</i>	Najveća deformacija stolice s obzirom na debljinu sjedala <i>Maximum chair deformation in relation to seat thickness</i>
ST2	48,8	37,47	77%
SA2	49,5	24,06	49%
OA2	56,2	31,75	56%
PT1	62,2	41,19	66%
PA2	49,1	39,56	81%

U tablici 1. prikazana su mjerenja, srednje vrijednosti debljina ojašćenja sjedala, najveća deformacija pri sili od 1000 N i udio najveće deformacije s obzirom na prosječnu debljinu sjedala.

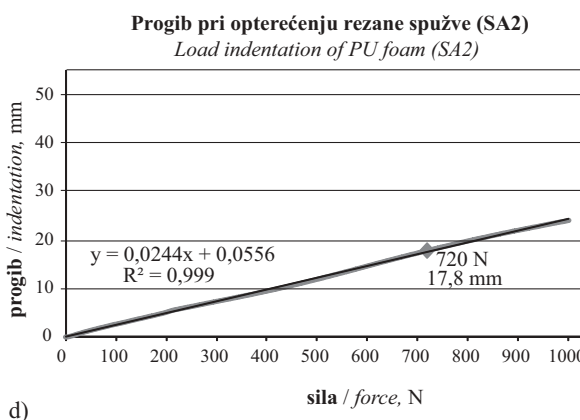
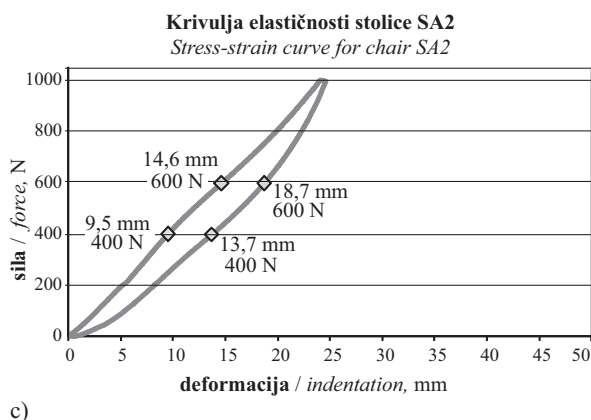
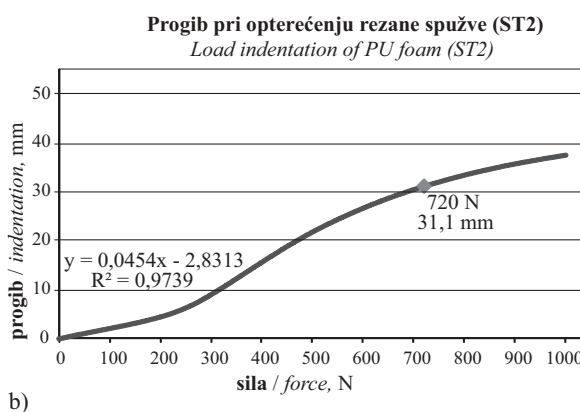
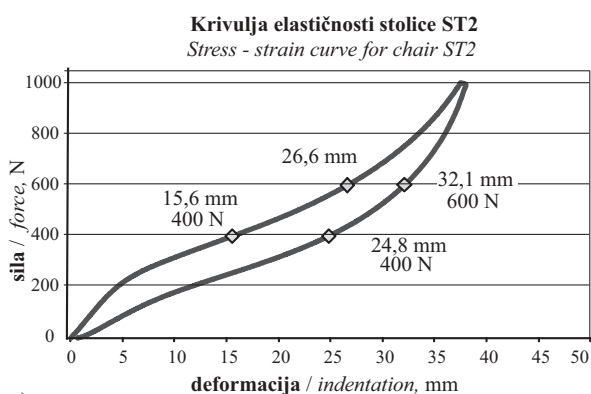
Treba napomenuti da je prosječna debljina ojašćenja sjedala izračunana na temelju podataka mjernih točaka 2-3-4 jer na tom dijelu pri sjedenju leže sjedne kosti i najveći dio mase tijela. Točke 1. i 5. nalaze se na rubnim dijelovima sjedala i na tim se mjestima zbog zaobljenosti podloge i oblika ojašćenja vrijednosti debljine mogu bitno razlikovati s obzirom na središnju točku 3.

Iz lijevog se dijagrama može odčitati najveća sila kojom je stolica bila opterećena i najveća deformacija uzrokovana tom silom, koja je različita za svaku stolicu zbog različitih materijala ugrađenih u sjedalo. Usto, na svakom su grafikonu označene po četiri točke: dvije pri sili od 400 N na krivulji opterećenja i rasterećenja i dvije pri sili od 600 N. Te točke pokazuju zaostajanje pojedinih materijala pri rasterećenju. Budući da u cijeloj

lom sustavu sjedalo najviše utječe na izgled krivulje elastičnosti, s određenim oprezom možemo prihvatiti da je dobivena krivulja stvarna krivulja elastičnosti sjedala.

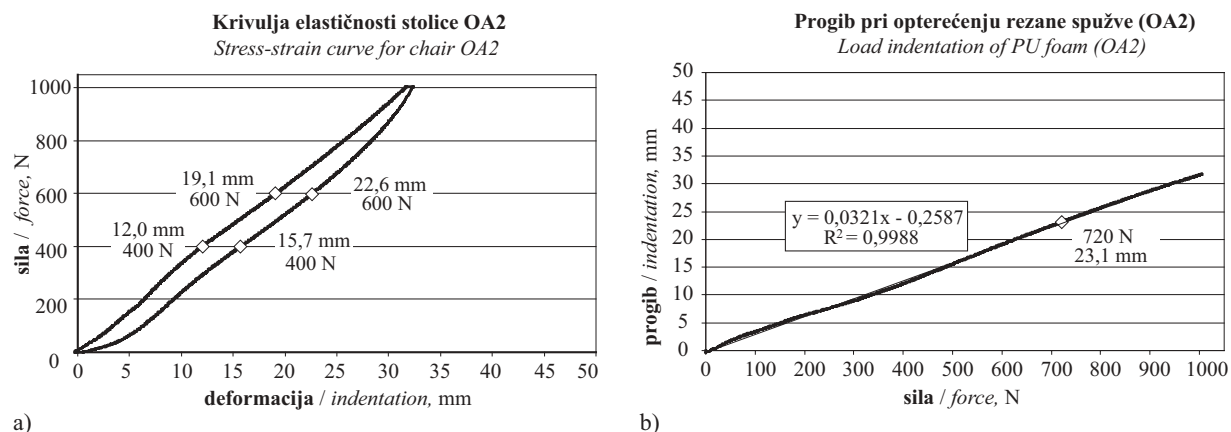
Rezana PU spužva (sl. 5) modela ST2 u početku je malo kruta, zatim popušta i omogućuje utonuće tijela pri silama od 250 do 600 N, a zatim ponovno pruža otpor, vjerojatno zbog blizine krute podloge i visokog stlačenja od 77 % (tabl. 1). Spužva SA2 nešto je drugačija, s prilično linearnom karakteristikom, bez većih područja tvrdoće ili mekoće. Vjerojatno su takva ujednačena krivulja i najveće stlačenje od 49% debljine spužve utjecali na bolji indeks udobnosti u usporedbi sa stolicom ST2, što je vidljivo i na slici 5.b.

Dijagram mikroopruga i PU hladno lijevane spužve modela OA2 također je linearan, što potpuno odgovara karakteristikama opruga pri takvim mjerenjima (sl. 6). U tom su sjedalu opruge vjerojatno preuzele najveće opterećenje, a sloj PU spužve preuzima samo početno opterećenje i daje osjećaj mekoće pri sjedenju. Težinu



Slika 5. Krivulje elastičnosti stolica s rezanim spužvama u sjedalima i krivulje progiba materijala pri 720 N

Figure 5 Stress-strain curves for chairs with PU foams in seat and load indentation at 720 N



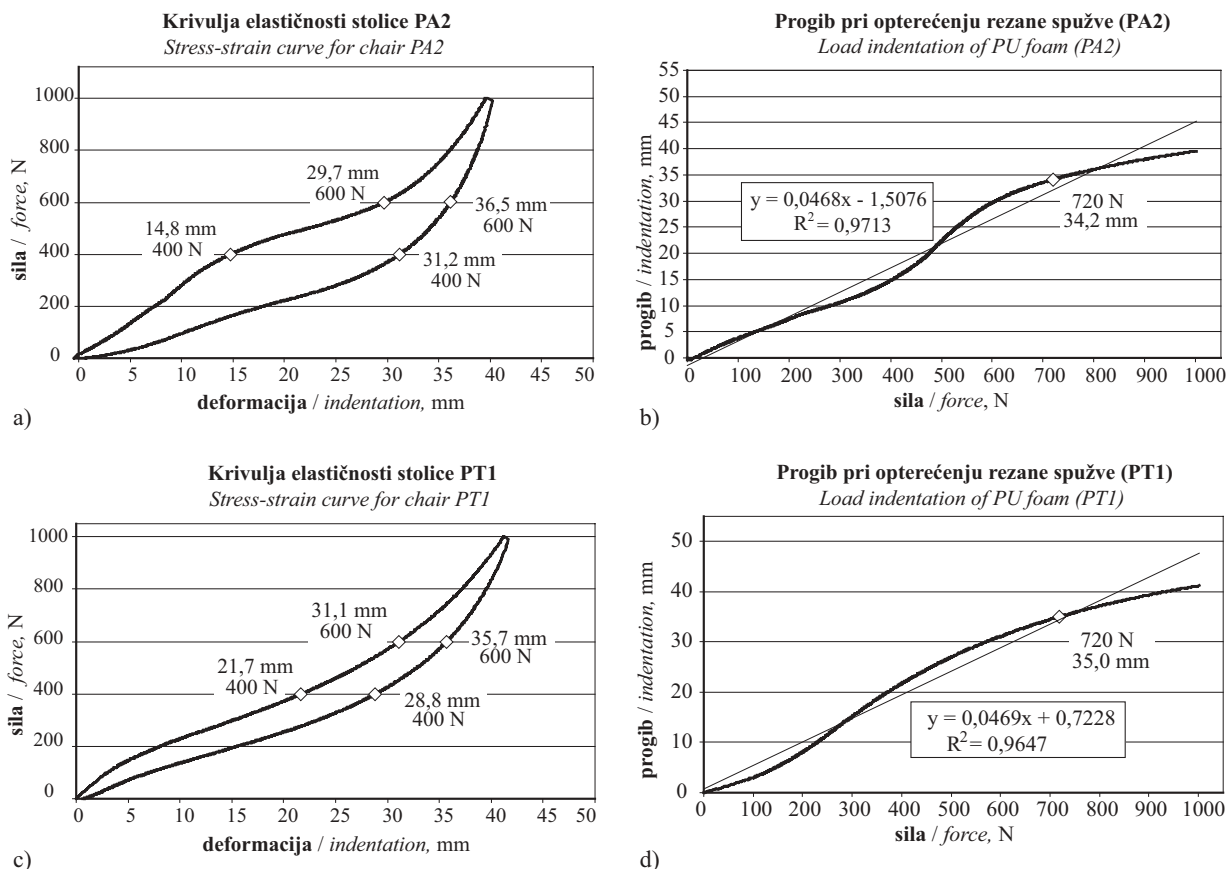
Slika 6. Krivulje elastičnosti stolice s oprugama u sjedalu i krivulje progiba materijala pri 720 N
Figure 6 Stress-strain curves for chairs with springs in seat and load indentation at 720 N

tijela preuzimaju opruge koje dopuštaju najviše 56-postotnu deformaciju u odnosu prema debljini sjedala.

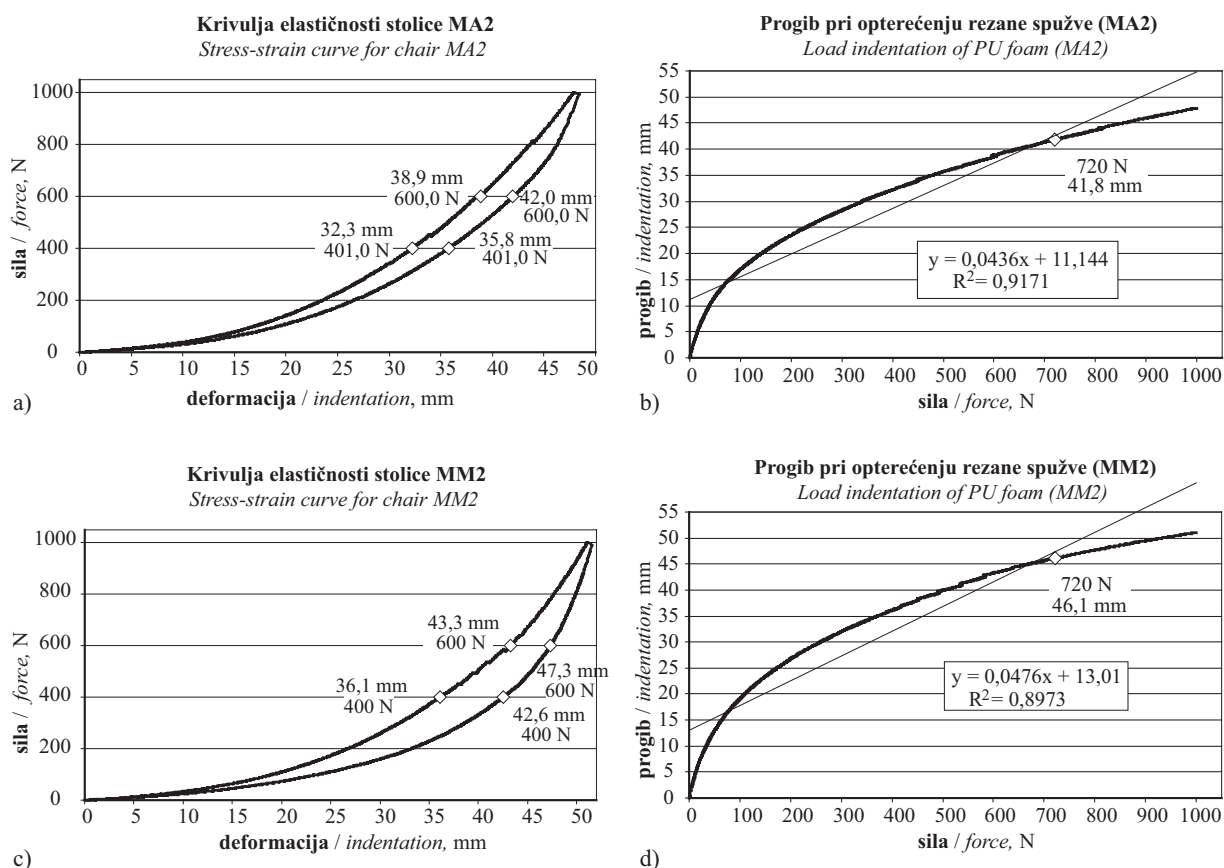
Krivulje elastičnosti PU hladno lijevanih spužvi (PA2 i PT1) izgledaju vrlo slično, iako PA2 ima nešto veću razliku krivulja rasterećenja i krivulja opterećenja. Spužva PA2, kao i u drugim modelima tog proizvođača (SA2 i OA2), u početku se ponaša gotovo linearno i tvrdo, zatim dopušta nešto brži progib, veću mekoću. Što se sila povećava, spužva postaje sve tvrdom, a na kraju vjerojatno već i podloga utječe na najveću deformaciju, koja je iznosila čak 81 %. Spužva PT1 u početku je nešto tvrđa (sl. 7.c), a zatim sve do pret kraj opterećenja dopušta velik progib. Deformacija iznosi 66 % debljine sjedala.

Krivulje poliuretanskih spužvi bitno su drugačije u usporedbi s krivuljama mreža. Iz dijagrama (sl. 8.a i 8.c) mogu se vidjeti vrlo dobre karakteristike mrežastih materijala koji u početku i još vrlo dugo imaju velik progib pri relativno maloj sili, a kasnije se do vrlo velikih sila ponašaju približno linearno omogućujući i dalje velik progib.

Desni dijagram detaljnije prikazuje krivulju opterećenja, trend i deformaciju ojaštavanja pri sili od 720 N. Ta sila odgovara prosječnoj masi ispitanika (72 kg) koji su sudjelovali u paralelnom istraživanju udobnosti sjedenja na uredskim stolicama (Vlaović i sur., 2008), pa je ponašanje materijala provedeno upravo za tu masu ispitanika. Podaci su prikazani u sljedećoj tablici.



Slika 7. Krivulje elastičnosti stolica s hladno lijevanim spužvama u sjedalima i krivulje progiba materijala pri 720 N
Figure 7 Stress-strain curves for chairs with cold-casted PU foams in seat and load indentation at 720 N



Slika 8. Krivulje elastičnosti stolica s mrežama u sjedalima i krivulja progiba materijala pri 720 N
Figure 8 Stress-strain curves for chairs with framed net in seat and load indentation at 720 N

Iz rezultata je vidljivo da je modelima s mrežom (MA2 i MM2) nakon deformacije prouzročene silom od 720 N preostalo mnogo manje (12,7 i 9,7 %) do maksimalne deformacije, negoli drugim modelima (26,0 % za SA2 i 27,2 % za OA2). Iz primjera stolica s mrežama može se pretpostaviti da su bedra i stražnjica dovoljno utonuli u površinu sjedala i time uspostavili veliku dodirnu površinu, što znači i ravnomjerniju raspodjelu tlakova. To je u konačnici stvorilo u korisnika osjećaj ugodnog sjedenja, što su ispitanici u spomenutom istraživanju svojim subjektivnim odgovorima i potvrdili. Konstrukcija stolice s mrežom nema krutu podlogu, pa nema reakcije podloge na proces sjedenja, a sama mreža dovoljno je elastična, čime omogućuje izvrsnu prilagodbu tijelu i držanje tijela u ravnoteži. Pri micanju stražnjice i bedara po sjedalu, mreža je stalno priljubljena uz tijelo, podržava ga i neprestano ostvaruje veliku dodirnu površinu.

Podloga ostalih stolica bila je kruta, od furnirskog otpreska. Stolicama SA2 i OA2 preostalo je više od četvrtine debljine sjedala “do dna”, što zapravo znači određenu pričuvu u smislu dubinske udobnosti. Iako su te vrijednosti malene, to se može primijetiti i na grafikonu indeksa udobnosti pojedinih modela (sl. 10), pa se upravo ta dva modela ističu među ostalima s PU spužvama.

Ostala tri modela - ST2, PT1 i PA2, pokazala su najslabije rezultate. Kruta podloga i mala preostala deformacija vjerojatno uzrokuju nizak indeks udobnosti u početnim trenucima sjedenja, no kasnije elastičnost ugrađenog materijala omogućuje relativno dobro utonuće tijela.

Stolice s PU spužvama, za razliku od konstrukcija s mrežom, pokazuju svojstvo kašnjenja materijala, odnosno pojavljuje se histereza. Kašnjenje se najviše primjećuje pri pomicanju tijela, kada spužva ne uspijeva jednakom brzinom mijenjati oblik i tijelo kratko

Tablica 2. Deformacija sjedala (stolice) pri prosječnoj sili od 720 N
Table 2 Seat (chair) deformation at average force of 720 N

Model stolice Chair model	Deformacija Deformation, mm	Najveća deformacija Maximum deformation, mm	Deformacija u debljini sjedala Deformation in seat thickness	Preostalo Difference
ST2	31,1	37,47	83 %	17 %
SA2	17,8	24,06	74 %	26 %
OA2	23,1	31,75	72,8 %	27,2 %
PT1	35,0	41,19	85 %	15 %
PA2	34,2	39,56	86,5 %	13,5 %
MA2	41,8	47,88	87,3 %	12,7 %
MM2	46,1	51,06	90,3 %	9,7 %

Tablica 3. Vrijednosti deformacija donjih dijelova stolica pri 1000 N**Table 3** Deformations of chair lower parts at 1000 N

Model stolice <i>Chair model</i>	Prosječna deformacija donjeg dijela stolice <i>Average lower part deformation of chair, mm</i>	Deformacija donjeg dijela u ukupnoj deformaciji stolice <i>Lower part deformation in total deformation of chair</i>	Prosječna deformacija kotačića <i>Average deformation of castors, mm</i>	Deformacija kotačića u ukupnoj deformaciji stolice <i>Castors deformation in total deformation of chair</i>
ST2 ^a	8,56	22,8 %	1,39	3,7 %
SA2	7,45	31,0 %	1,61	6,7 %
OA2	6,96	21,9 %	1,50	4,7 %
PT1 ^a	9,09	22,1 %	1,34	3,3 %
PA2	5,80	14,7 %	1,34	3,4 %
MM2	7,21	14,1 %	1,11	2,2 %

^a stolice s kotačićima za tvrdu podlogu /chairs with castors for hard surface

ostane nepodržano. To uzrokuje naglo koncentrirano tlačenje onog dijela tijela na strani na koju je prebačeno težište, a time i neujednačenu kratkoročnu raspodjelu tlakova sjedenja.

Važno je napomenuti da se prikazani dijagrami (sl. 5-8, desno) i veličine koje iz njih proizlaze, odnose na radnju opterećivanja stolice (sjedala) i da faktor vremena nije uključen u razmatranje. U početnome, kraćem vremenu sjedenja na stolici indeksi udobnosti relativno su visoki, ali s vremenom se udobnost može smanjiti.

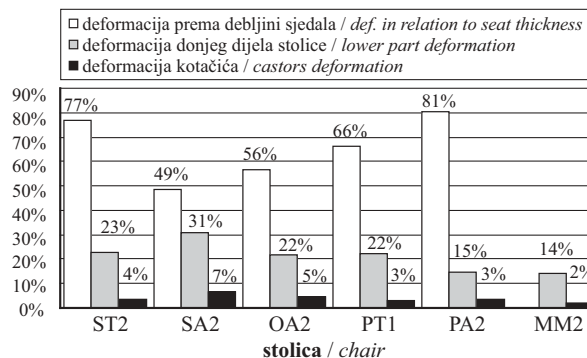
3.2. Deformacije donjih dijelova stolica

3.2 Deformations of lower parts of chairs

Mjerenje elastičnosti napravljeno je na cijelom sustavu stolice zato što osoba sjedi neposredno na sjedalu, a posredno na mehanizmu, pneumatskom cilindru, postolju i kotačićima. Svaki od tih elemenata stolice ima određene deformacije. Mjerenjem elastičnosti donjih dijelova stolice, odnosno mehanizma, cilindra, postolja i kotačića dobivene su vrijednosti prikazane u tablici 3.

Iz tablice 3. može se zaključiti da deformacija donjeg dijela stolice znatno utječe na ukupnu elastičnost sustava. Progibi od 6 do 9 mm nisu zanemarivi jer u ukupnoj deformaciji sudjeluju s 14 do 31 %. Kotačići namijenjeni tvrdoj podlozi (koji na gaznoj površini imaju sloj mekane plastike) nisu pokazali veću deformaciju od tvrdih kotačića, tj. onih za meku podlogu. Očekivano, veće se deformacije pojavljuju u modela stolica s tvrdim sjedalima: 31 i 6,7 % u modela SA2, čija je deformacija debljine sjedala samo 49 % ili 21,9 i 4,7 % u modela OA2, koji ima deformaciju sjedala 56 %. Na primjeru modela PA2 i ST2 uočeno je da je uz veću deformaciju sjedala (mekša sjedala), progib donjeg dijela manji: 14,7 i 3,4 % u PA2, dok je deformacija sjedala vrlo visokih 81 % te u ST2 iznosi 22,8 i 3,7 % za 77-postotnu deformaciju sjedala (sl. 9). Prema navedenom, može se zaključiti da donji dio stolice upotpunjuje njezinu elastičnost pri uporabi, što se možda najbolje očituje pri sjedanju osobe na stolicu, kad se početno udarno opterećenje na kralješnicu amortizira, ne samo sjedalom i njegovim elastičnim svojstvima, već cjelokupnim postoljem.

Na slici 9. uočava se obrnuta proporcionalnost u udjelima deformacija pojedinih dijelova stolica. Što je deformacija stolice u odnosu prema debljini sjedala veća, to su deformacije donjeg dijela stolice i kotačića manje, i obratno - što su deformacije donjeg dijela stolice veće, to je maksimalna deformacija sjedala manja.

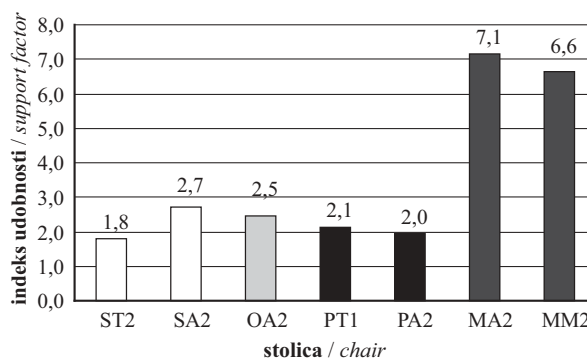
**Slika 9.** Prikaz trendova kod deformacija**Figure 9** Deformation trend overview

3.3. Indeks udobnosti

3.3 Comfort Index or Support Factor

Indeks udobnosti, ili engl. *support factor*, mjera je udobnosti. Korisnik stolice želi imati osjećaj mekoće pri visokom i pri niskom opterećenju, što je vrlo zanimljivo kad je riječ o primjeni jednakog materijala za sjedala i naslone, posebno u naslonjača i višesjeda. Pri usporedbi različitih materijala koristi se odnos iznosa opterećenja pri 65-postotnoj deformaciji (a) s iznosom opterećenja pri 25-postotnoj deformaciji (b) provedenih IFD testom (engl. *Indentation Force Deflection*). Veći su iznosi poželjniji jer veće vrijednosti indeksa udobnosti odgovaraju većoj općoj udobnosti ojaštavanja (Klempner i Sendjarevic, 2004). Vrijednosti u sljedećoj tablici dobivene su iz podataka krivulje elastičnosti koji se mogu naći u izvornom radu autora.

Iz tablice 4. i slike 10. zamjetno je da su u stolica MA2 i MM2 zabilježeni nedvojbeno najviši iznosi indeksa udobnosti, što upućuje na njihovu opću udobnost

**Slika 10.** Indeks udobnosti različitih modela stolica**Figure 10** Comfort index/support factor for chair models

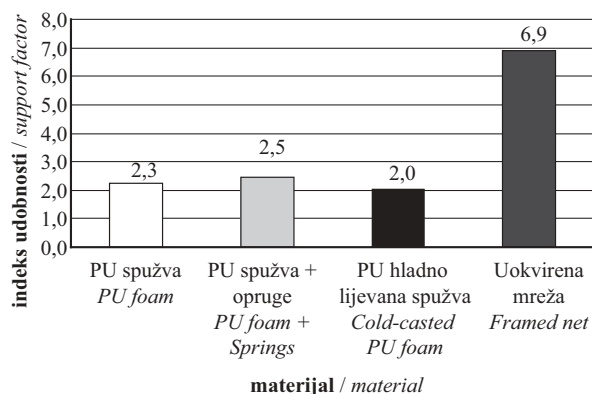
Tablica 4. Indeks udobnosti stolice

Table 4 Comfort Index/Support Factor of chairs

Model stolice <i>Chair model</i>	Deformacija pri 1000 N (100 %) <i>Seat deformation at 1000 N (100 %), mm</i>	Deformacije od 65 % <i>Indentation at 65 % of deformation, mm</i>	Sila pri 65 % (a) <i>Force at 65 % of deformation, N</i>	Deformacije od 25 % <i>Indentation at 25 % of deformation, mm</i>	Sila pri 25 % (b) <i>Force at 25 % of deformation, N</i>	Indeks udobnosti a/b <i>Comfort index</i>
ST2	37,47	24,36	550,62	9,37	306,30	1,8
SA2	24,06	15,64	636,24	6,02	235,30	2,7
OA2	31,75	20,64	645,50	7,94	262,00	2,5
PT1	41,19	26,77	496,56	10,30	233,60	2,1
PA2	39,56	25,71	540,00	9,89	276,50	2,0
MA2	47,88	31,12	369,18	11,97	51,70	7,1
MM2	51,06	33,19	326,82	12,77	49,30	6,6

i kvalitetu sjedala, ali svakako treba podsjetiti da nije riječ o poliuretanskome materijalu u sjedalima.

Zbog postojanja učinka udobnosti i neudobnosti, o kojima govore Helander i Zhang (1997), pojavljuju se situacije prikazane na slici 11, na kojoj se uočava veći indeks udobnosti stolice s oprugama nego stolica s rezanim i hladno lijevanim spužvama. Zbog malog broja uzoraka značajnost tih odstupanja nije ispitivana, ali je uočena mala razlika. Ono što je najvažnije jest značajna razlika u ocjeni stolica s mrežama čije su vrijednosti oko tri puta veće.



Slika 11. Indeks udobnosti materijala ojaštavanja sjedala
Figure 11 Comfort index of seat upholstery material

4. ZAKLJUČAK 4 CONCLUSION

Na osnovi provedenih istraživanja i mjerenja deformacija sjedala i ostalih konstrukcijskih dijelova uredskih radnih stolica te određivanja indeksa udobnosti, mogu se donijeti sljedeći zaključci.

- Postoje bitne razlike među materijalima ojaštavanja sjedala i njihovim konstrukcijama. Stoga je velika različitost ponude izbora za krajnje korisnike poželjna.
- Konstrukcija sjedala utječe na izgled krivulje elastičnosti, što se vidi na grafikonima, iako je u tome imao udjela i utjecaj postolja.
- U modela s tvrdim sjedalima više dolazi do izražaja elastičnost sustava stolice. Deformacija donjeg dijela stolice znatno utječe na ukupnu elastičnost sustava.

- Kotačići namijenjeni tvrdoj podlozi nisu pokazali veću deformaciju od onih za meku podlogu, tj. od tvrdih kotačića.
- Budući da faktor vremena nije razmatran, kratkoročno, u prvim trenucima sjedenja na stolici, indeksi udobnosti su visoki, ali kasnije, tijekom dnevne uporabe, mogu se smanjivati.
- Najveći indeks udobnosti pokazala su sjedala s mrežom. Utjecaj tvrde podloge na sjedenje primaran je, iz čega proizlazi da je okvirna konstrukcija sjedala s mrežom najprilagodljivija tijelu.
- Razmak krivulja rasterećenja i opterećenja, odnosno svojstava materijala koja uzrokuju te razlike moraju biti takva da su one manje jer je tada premještanje na sjedalu lakše, a potpora bolja.
- Među rezultatima ispitivanja "mehaničke udobnosti" stolica s PU spužvom uočava se veći indeks udobnosti stolica koje su subjektivnim testom bile ocijenjene kao neudobne. Najvjerojatniji je razlog tome postojanje osjećaja udobnosti i neudobnosti.

U svim provedenim usporedbama i analizama (osim za indeks udobnosti), konstrukcija sjedala s oprugama pokazala je niske rezultate. Debljina sjedala bila je oko 56 mm, visina opruga 40 mm (oko 70 % debljine sjedala), a iznos najveće deformacije bio je oko 32 mm ili 56 % debljine sjedala. Budući da je riječ o konstrukciji složenoj od opruga i spužve, valjalo bi izmjeriti koliki je progib opruga u cijelom sustavu. Sumnja se da se opruge vrlo brzo dokraja stlače i ponašaju se kao tvrda podloga, a spužva tada postaje pretanka za sjedenje, što rezultira većom neudobnosti pri dugotrajnom sjedenju.

Na točnost navedenih mjerenja donekle je utjecala ograničena krutost uređaja i ograničenja u postizanju visokih tlakova u cilindru. Rekonstrukcijom uređaja mogli bi se postići pouzdaniji rezultati.

5. LITERATURA 5 REFERENCES

1. De Looze, M.P.; Kujit-Evers, L.F.M.; Van Dieën, J., 2003: Sitting comfort and discomfort and the relationships with objective measures, *Ergonomics*, 46 (10): 985-997.
2. Grbac, I. 2006: Krevet i zdravlje, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb.

3. Grbac, I.; Ivelić, Ž., 2005: Ojastučeni namještaj, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb.
4. Hänel, S.E.; Dartman, T.; Shishoo, R., 1997: Measuring methods for comfort rating of seats and beds, *International Journal of Industrial Ergonomics* 20: 163-172.
5. Helander, M.G.; Zhang, L., 1997: Field studies of comfort and discomfort in sitting, *Ergonomics* 40 (9): 895-915.
6. Horvat, S., 2008: Istraživanje ergonomskih parametara uredskih radnih stolica koji utječu na prokrvljenost donjih ekstremiteta korisnika, magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet.
7. Klempner, D.; Sendijarevic, V., 2004: *Handbook of polymeric foams and foam technology*, Second edition, Carl Hanser Verlag, ISBN 1-56990-336-0, München.
8. Lapaine, B., 1998: Stolica kao rješenje problema sjedenja, Sveučilište u Zagrebu, Studij dizajna pri Arhitektonskom fakultetu, Zagreb.
9. Ljuljka, B., 1976: Namještaj za sjedenje, neka njegova svojstva i metode ispitivanja, *Drvena industrija* 27 (1-2): 13-20.
10. Ljuljka, B., 1977: Tehnologija proizvodnje namještaja, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb.
11. Vlaović, Z., 2005: Istraživanje udobnosti uredskih radnih stolica, magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb.
12. Vlaović, Z.; Bogner, A.; Domljan, D., 2006: Study of the office chairs comfort regard to subjects characteristics (in Croatian), *Drvena industrija* 57(3): 109-117.
13. Vlaović, Z.; Bogner, A.; Grbac, I., 2008: Comfort evaluation as the example of anthropotechnical furniture design, *Collegium Antropologicum* 32(1): 277-283.
14. Zhang, L.; Helander, M.G.; Drury, C.G., 1996: Identifying factors of comfort and discomfort in sitting, *Human Factors, Human Factors and Ergonomics Society*, 38 (3): 377-389.
15. *** (2000): HRN EN 1335-1:2001 Office furniture – Office work chair – Part 1: Dimensions, determination of dimensions, Technical Committee CEN/TC, Brussels.
16. *** (2004): HRS ENV 14443 Domestic furniture – Seating – Test methods for the determination of durability of upholstery, Technical Committee CEN/TC, Brussels.

Corresponding address:

Assistant ZORAN VLAOVIĆ, Ph.D.

University of Zagreb

Faculty of Forestry

Svetošimunska 25

HR-10002 Zagreb

e-mail: vlaovic@sumfak.hr